

פרק 2. ווקטורים וסקלרים גורמים פיסיקאליים.

מכניקה היא אחד מהפרקים של פיסיקה המטפל בתנועה דברים שונים ובתנאיי יציבותם. מכניקה היא בסיס לתכנון ובנייה של כל המבנים, וגם מכוניות או מכשירים. כל תפקוד טכניקה וטכנולוגיה של האנושות מתקיים על הבסיס חוקי המכניקה. מאפיינים כמותיים של גופים או תהליכים שניתן לבטא באמצעות מספר נקראים גורמים פיסיקאליים. כל גורמים פיסיקאליים הם תוצאה של מדידות או גם מדידות וגם החישובים. גורם פיסיקאלי נהוג לסמן באמצעות אות. בדרך כלל האות היא האות הראשונה של שם הגורם הפיסיקאלי באנגלית. תוצאות כמותיות של מדידות וחישובים אנו חייבים לבטא בעזרת מספר וברוב המקרים גם בעזרת יחידת המדידה, ז"א לכל גורם פיסיקאלי ישנם לפחות שלושה דברים:

1. סימן – אות
2. ערך – שהוא מספר
3. יחידת מדידה.

בחירה של יחידת המדידה משפיעה על ערך מספרי של גורם הפיסיקאלי. למשל, מרחק שגוף עבר במטרים שונה מאותו המרחק בירדים או בסנטימטרים. אחת מהמערכות היחידות המדידה הנפוצות בפיסיקה היא מערכת בינלאומית - SI. במערכת זו יחידות הבסיסיות של המכניקה הן יחידות של שלושה גורמים פיסיקאליים: מרחק, זמן ומסה. כל שאר יחידות הן יחידות נגזרות שניתן לבטא באמצעות של יחידות הבסיסיות. סימון אחר של מערכת היחידות - M.K.S - SI שהם ראשי-תיבות מילים באנגלית: מטר, קילוגרם, שנייה.

ווקטורים וסקלרים

גורמים פיסיקאליים במכניקה מתחלקים לשתי קבוצות. לקבוצה ראשונה שייכים גורמים פיסיקאליים שידע המקיף עליהם מתבטא על שני דברים - ערך מספרי ויחידת המדידה. גורמים פיסיקאליים מסוג זה נקראים סקלרים. למשל: זמן, מרחק, מסה - הם שייכים לקבוצת סקלרים. כפי שהיה אמור למעלה - סקלרים הם גורמים פיסיקאליים הנקבעים על ידי שני דברים בלבד: גודל או ערך מספרי ויחידת המדידה. (ישנם גורמים פיסיקאליים בעלים רק מאפיין אחד - ערך מספרי, למשל מקדמי החיכוך). לחלק מהגורמים פיסיקאליים, חוץ מערך המספרי ויחידת המדידה דרוש מאפיין נוסף - ידע על כיוון במרחב. למשל למציאת מיקומו הסופי של הגוף הנע במהירות קבועה חייבים לדעת בנוסף לערך מספרי של מהירות תנועה ויחידתה, גם מהו כיוון מהירות התנועה. בדוגמה אחרת, תוצאה מהפעלת הכוח על הגוף תלויה בכיוון הכוח המופעל. כיוון של גורם פיסיקאלי חשוב לא פחות מהערך המספרי שלו או יחידת המדידה. **גורמים פיסיקאליים בעלים כיוון במרחב נקראים ווקטורים.** ווקטורים הם גורמים פיסיקאליים הנקבעים על ידי שלושה דברים: ערך מספרי, יחידת המדידה וכיוון במרחב. כדי לציין שגורם פיסיקאלי שייך לקבוצת הווקטורים, מוסיפים חץ קטן מעל אות המסמנת את הגורם הפיסיקלי. כיוון החץ מעל הסימן הוא תמיד ימינה וללא תלות בכיוון של ווקטור עצמו. מקובל גם להדפיס סמלים של ווקטורים

באותיות עבות. בתרשימים מקובל לצייר ווקטור באמצעות החץ שכיוונו מראה את כיוון הווקטור (ציור מס' 1). אורכו החץ הוא על פי קנה מידה מסוים, מייצג את ערך המספרי של הווקטור.

ציור מס' 1 דוגמאות ווקטורים שונים.

$$a = \mathbf{a}$$

כפי שהיה אמור למעלה נוהגים לסמן ווקטורים גם על-ידי אות עבה, $\mathbf{a}$, ערך מספרי של הווקטור הוא סקלר. ערך מספרי של הווקטור או ערך מוחלט שלו (בלועזית מודול) מסמנים בשתי דרכים: רושמים שני קווים אנכיים ומקבילים או פשוט משמטים את הסימנים המודול של הווקטור V ואת החץ מעל האות

$$|V| = V \quad |V| = V$$

פעולות חשבון עם ווקטורים הם שונים מפעולות חשבון רגיל ונלמד אותן בהמשך.

פעולות עם ווקטורים

השוואה בין ווקטורים. שני ווקטורים המייצגים אותו גורם פיסיקאלי שווים זה לזה כאשר לשניהם אותו כיוון במרחב ואותם ערכים מספריים. במלים אחרות שני ווקטורים שווים זה לזה, אם מודולים שלהם אותו הדבר והם נמצאים על אותו קו או על שני קווים מקבילים אחד לשני. התכונה זו מרשה לנו להעתיק ווקטור מנקודה לנקודה מקביל לכיוון הווקטור המקורי. קו שחץ הווקטור הוא קטע ממנו נקרא קו פעולת הווקטור.

בציור שלמטה (ציור מס' 2) מצוירים ארבע ווקטורים שהשלושה מהם שווים זה לזה.

ציור מס' 2

ציור הבא (ציור מס' 3) מתאר את שני הווקטורים המנוגדים זה לזה. לכל אחד ערך מספרי זהה. כאשר כיוון הווקטור נבחר כחיובי, אנו רושמים:

ציור מס' 3

ניתן גם לבחור כיוון הווקטור ככיוון החיובי והשוויון השתנה:

חיבור ווקטורי. כידוע תוצאת פעולת החיבור נקרא סכום. מטרת החיבור היא להחליף מספר דברים מאותו סוג בדבר אחד. הווקטור הסכום נקרא **הווקטור השקול** והוא מחליף מספר ווקטורים בווקטור אחד. ניקח מקרה נתונים שני ווקטורים a ו- b בשתי הנקודות (ציור מס' 4) ונמציאם על אותו הקו כך ש"סוף" ווקטור השני נמצא הנקודה בה "ראש" ווקטור הראשון.

a

b

c

ציור מס' 4

מתוך הציור נובע, כי ווקטור השקול שווה לסכום ווקטורי של כל אחד משני מחיבורים. ערך מספרי של ווקטור השקול בדוגמה שלמעלה שווה לסכום מודולים של כל אחד

מהמחברים וכיוונו זהה לכיוון של שני הווקטורים. המשוואה של החיבור ווקטורי היא:

$$c = a + b$$

$$c = a + b$$

וגם נכון כי

ציור מס' 5

שלב ראשון של חיבור ווקטורי

ציור מס' 6

שלב שני של חיבור ווקטורי

A

B

A

נסח את הכללי של חיבור שני ווקטורים בצורה גרפית. כדי לחבר שני ווקטורים: ווקטור **a** ווקטור **b**. בשלב ראשון (ציור מס' 5) בוחרים נקודה כלשהי, למשל, נקודה A ומעתיקים עליה את אחד מהווקטורים המחוברים, למשל את הווקטור **a**. חובה להקפיד על שמירת כיוון והגודל של ווקטור המועתק. בשלב השני (ציור מס' 6) מעתיקים את הווקטור **b** לנקודה B בה נמצא "ראש" של ווקטור **a**. בשלב השלישי (ציור מס' 7) מציירים את ווקטור השקול **c**. ווקטור שקול **c** מתחיל מנקודה A בה נמצא "זנב" של ווקטור **a** ומסתיים בנקודה C בה נמצא ראש של ווקטור **b**.

ציור מס' 7 שלב שלישי של חיבור ווקטורי

A

B

C

באותה שיטה משתמשים גם לחיבור ווקטורים עם כיוונים מנוגדים

A

B

A

ציור מס' 8 שלב ראשון של חיבור ווקטורי ציור מס' 9 שלב שני של חיבור ווקטורי

A

B

C

ציור מס' 10 שלב שלישי של חיבור ווקטורי

בכלל אין חשיבות לכיוון וקטורים מחוברים.
בציורים למטה ניתח מקרה כללי של בניית ווקטור השקול.

A

B

A

ציור מס' 11 שלב ראשון של חיבור ווקטורי ציור מס' 12 שלב שני של חיבור ווקטורי

C

B

A

ציור מס' 13 שלב שלישי של חיבור ווקטורי

בסופו של דבר קיבלנו משולש בו שתי צלעותיו הם ווקטורים מחוברים וצלע השלישי הוא ווקטור השקול. כלל שנוסח למטה נקרא כלל משולש. הוא אומר: לנקודה שבה נמצא ראש של הווקטור הראשון מעתיקים את ווקטור השני. תחילה של הווקטור השקול מתלכד עם תחילה של הווקטור הראשון וסופו של הווקטור השקול מתלכד עם נקודה בה נמצא סוף של הווקטור השני. הווקטור השקול יהיה צלע השלישי של משולש בו שתי צלעות האחרות הן הווקטורים המחוברים. בחיבור יותר משני ווקטורים ווקטור השקול הוא צלע הסוגר את המצולע.

כאשר שני הווקטורים המחוברים מאונכים זה לזה, תוצאת של חיבור ווקטורי היא משולש ישר זווית. שני הווקטורים (ציור מס' 14) המחוברים הם ניצבים, זה לזה, הווקטור השקול הוא היתר המשולש וערך המספרי של הווקטור השקול אנו יכולים לחשב בעזרת משפט פיתגורס.

ציור מס' 14

למדנו הכלל לבנייה את ווקטור השקול הנקרא כלל משולש. כאשר מחברים בו זמנית יותר משני ווקטורים אחרי הבנייה מתקבלת מצולע. עקב כך לעיתים קרובות הכלל הזה מכונה כלל מצולע.

כלל אחר למציאת את הווקטור השקול נקרא כלל מקבילית. כאשר מעתיקים שני הווקטורים המחוברים לאותה הנקודה, את הווקטור השקול מיוצג על ידי אלכסון מקבילית. הווקטור השקול מתחיל מהנקודה המשותפת לשני מחוברים. (ראה ציור מס' 15 שלמטה).

ציור מס' 15

בדומה לחיבור רגיל, סכום ווקטורי לא תלוי בסדר המחברים.

מכפלה ווקטור בסקלר. בפעולה זאת אנו מקבלים ווקטור חדש שכיוונו מתלכד עם הווקטור המקורי. מודול של ווקטור החדש שווה למכפלת הגורמים. (ראה את הציור מס' 24 שלמטה). בציור אורך של חץ הגדול מייצג את הווקטור $3a$ והחץ הקטן מייצג את הווקטור $0.5a$

ציור מס' 16

פירוק ווקטור לרכיבים.

הפעולה זאת הפוכה לחיבור ווקטורי. משמעותה, להחליף את הווקטור בשני ווקטורים אחרים. הווקטורים המתקבלים עקב פעולת הפירוק נקראים רכיבים. ישנם אינסוף אפשרויות החלפה ווקטור בשני רכיביו. נהוג לפרק ווקטור לשני רכיבים המאונכים זה לזה. למציאת רכיבים מציבים את הווקטור המפורק בראש מערכת צירים ומורידים אנכים לשני הצירים. (ראה את הציור מס' 17). רכיב מסוים מסמנים כמו ווקטור עם תוספת אות של הציר בשורה התחתונה. חשוב לזכור, כי רכיבים של הווקטור הם גם

ווקטורים. הווקטור המפורק הוא מהווה ווקטור השקול של רכיביו.

ציור מס' 17

לחישוב של ערך המספרי של רכיב אנו צריכים שני דברים: מודול של ווקטור המפורק וגודל זווית בין ציר ה- x לבין הווקטור עצמו. הווקטור המפורק ורכיביו נוצרים משולש ישר זווית. על סמך הגדרות טריגונומטריות של סינוס וקוסינוס ניתן למצוא את הרכיבים כצלעות משולש. בציור מס' 18 נמצאת דוגמה של פירוק לרכיבים שני ווקטורים.

$$a = 20$$

$$b = 30$$

$$\alpha = 40^\circ$$

$$\beta = 40^\circ$$

למשל

✓

$$a_x = a \cos \alpha = 15.32$$

$$a_y = a \sin \alpha = 12.86$$

$$b_x = b \sin \beta = -19.28$$

$$b_y = b \cos \beta = -22.98$$

ציור מס' 18

משפט פיתגורס נותן לנו קשר נוסף בין מודול של ווקטור a ורכיביו. בצורה דומה מחשבים גם את מודול של ווקטור b .

בחלק מהספרים פיסיקה בחישובים נהוג לקחת את הזווית החדה שבין כיוון הווקטור וציר ה- x . סינוס וקוסינוס של זווית חדה הם תמיד מספרים חיוביים, עקב כך רכיבים של ווקטור כלשהו הם חייביים, אם כיוון הרכיב זהה לכיוון חיובי של הציר ושיליים, אם כיוון הרכיב מנוגד לכיוון חיובי של הציר המתאים.

בלימודי מתמטיקה מקובל שציר ה- x הוא תמיד אופקי וציר ה- y הוא תמיד אנכי (ציור מס' 19). מה יקרה, אם ננסה לפרק ווקטור לרכיבים במערכת שהצירים בכיוון שרירותי (ציור מס' 20).

ציור מס' 19

x
 y

ציור מס' 20 208

x
 y

מהציור מס' 20 נובע כי, כל רכיבים של ווקטור a השתנו: גם גודל, גם כיוון, אבל למרות זאת גם גודל, גם כיוון של ווקטור a נשמרים. הדבר הנ"ל מאפשר לנו לבחור על פי צורך המצב את כיוון מערכת הצירים בה מפרקים ווקטור לרכיביו. בפיתרון בעיות הקשורות עם פירוק ווקטור לרכיבים, נוח לבחור כיוון מערכת צירים בכיוון הווקטור המפורק. בפתרון בעיות הגופים על פני מישור משופע נוח לכוון את ציר ה- x במקביל למישור המשופע ו ציר ה- y במאונך לו, כמו מתואר בציור מס' 21 שלמטה.

ציור מס' 21

$$a_x = a \cos \alpha \quad \checkmark$$

$$a_y = -a \sin \alpha \quad \checkmark$$

✓

מציאת הווקטור השקול על פי רכיבם של ווקטורים מחוברים

משמעות הפעלה היא לחשב מודול של הווקטור השקול וזווית בין הווקטור לבין ציר ה- x . לפתרון הבעיה בשלב הראשון מפרקים את הווקטורים המחוברים לרכיבים

ומחשבים את ערכים המספריים של כל אחד מהם (a_x, a_y, b_x, b_y) . בשלב הבא מחשבים את ערכים המספריים של רכיבים הווקטור השקול (c_x, c_y) (אחר כך מחשבים את ערך המספרי של הווקטור השקול ואת הזווית $\angle$ שבין הווקטור השקול לבין ציר ה- x . (ציור מס' 22).

✓

🚲

✍

$$a_x = a \cos \quad \checkmark$$

$$a_y = a \sin \quad \checkmark$$

$$b_x = b \sin \quad \text{🚲}$$

$$b_y = b \cos \quad \text{🚲}$$

ערך מספרי של ווקטור השקול ניתן לשחבעל פי משפט פיתגורס

זווית בין ציר ה - x לבין ווקטור השקול מחשבים על פי הגדרה טנגנס

במקרה של כלל משולש לחישוב ווקטור השקול נוח לשתמש במשפט קוסינוס (ציור מס' 23). על פי המשפט:

α

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \alpha$$

ציור מס' 23

פירוק ווקטור לרכיבים במרחב

הפעולה זאת דומה לפירוק ווקטור הנמצא במישור. משמעותה, להחליף את הווקטור בשלושה ווקטורים אחרים. אבל הפעם ניתן לדבר על רכיב הווקטור במישור. למצאת רכיב ווקטור במישור מעבירים מישור אופקי דרך תחילה הווקטור (נקודה O). אחר כך מעבירים שני הצירים: ציר ה - x וציר ה - y הנמצאים במישור. ציר השלישי ציר ה - z מעבירים במזונוך למישור. מורידים אנך מקצה (נקודה B) של הווקטור על המישור (ציור מס' 24). קטע OB_1 הנמצא במישור מייצג את הרכיב הווקטור F במישור. רכיב הווקטור במישור xOy מסמנים ב - F_{xy} . נסמן זווית בין הווקטור F לבין הרכיב שלו - F_{xy} במישור ב - β

z

B

F

y

O

β

α

B_1

x

F_{xy}

ציור מס' 24

מתוך משולש ישר זווית OBB_1
לחישוב רכיבים F_x ו- F_y של הווקטור **F** מעבירים שני אנכים במישור xOy

O

α

x

y

F_{xy}

F_y

B_1

F_x

(ציור מס' 25)

ציור מס' 25

נסמן זווית בין הרכיב F_{xy} לבין ציר ה- x ב- α .
קשר בין ווקטור ורכיו נתון על ידי נוסחה הבאה:

$$F_x = F_{xy} \cos\alpha = F \times \cos\alpha \times \cos\beta$$

$$F_y = F_{xy} \sin\alpha = F \times \sin\alpha \times \cos\beta$$

$$F_z = F \sin\beta$$

בעיות:

1. צייר את הווקטור השקול במקרים הבאים:

1. נתונים שני ווקטורים

2. נתונים קבוצות של שלוש ווקטורים

3. נתונים קבוצות של ארבע ווקטורים

2. נתונים שני ווקטורים: $a = 5$, $b = 12$. מצא מהו הווקטור השקול במקרים הבאים:

1. לשניהם אותו הכיוון.
2. הם מנוגדים זה לזה.
3. הם מאונכים זה לזה.

3. זווית בין ווקטור $a = 10$ לבין כיוון החיובי של ציר ה- x היא 40° . מצא את רכיבים הווקטור.

4. נתונים שני רכיבים של הווקטור: $a_x = 8$, $a_y = 6$. מצא את ווקטור השקול. גודל וכיוון).

5. מצא את גודל וכיוון של וקטור, אם רכיבים הם: $a_x = 50$, $a_y = -10$

6. סכום של שני ווקטורים $a = 6$ ו- $b = 7$ הוא ווקטור $c = 10$. מהי זווית בין הווקטור a לבין הווקטור b ?

7. רכיב a_x הוא רבע מהווקטור רחב $a_y = 10$. מצא את גודל וכיוון של הווקטור.

8. מצא את גודל וכיוון של הווקטור השקול של שני הווקטורים:

55°	40°	40°
20°	40°	40°

9. נתונים שלושה ווקטורים a, b, c .

$$\begin{array}{ccc} 37^\circ & 40^\circ & 40^\circ \\ 25^\circ & 40^\circ & 40^\circ \end{array}$$

$a = 12, b = 10, c = 8$
(ראה את הציור הבא). מצא את
הווקטור השקול (גודלו וכיוון).

10. זווית בין ווקטור $a=20$ לבין המישור xOy 40° . זווית בין רכיב a_{xy} הווקטור a לבין ציר ה- x היא 30° . מצא רכיבים הווקטור.

11. נתונים שלושה רכיבים של הווקטור: $a_y = 6, a_x = 8, a_z = 7$. מצא את ווקטור השקול. (גודל וכיוון).

12. נתונים שני ווקטורים, ראשון שגודלו 25 נמצא במישור xOy ויוצר זווית 40° עם ציר ה- x . גודל ווקטור השני 30 והוא נמצא במישור xOz ויוצר זווית 50° עם ציר ה- x . מצא את ווקטור השקול. (גודל וכיוון).

13.

ווקטורים

1. א. 17

ב. 7

ג. 13

3. $a_x=7.66, a_y=6.43$

4. $a=10, \varphi=36.87^\circ$

5. $a=50.99, \varphi=11.31^\circ$

6. 79.71°

7. $\varphi=35.2^\circ, a=17.32$

8. $\varphi, 47.28=9.36^\circ$

9. $\varphi, 4.23=46.92^\circ$

$$a_z=12.86 \quad a_x=7.66, \quad a_y=13 \quad .10$$

$$a = 12.21, \alpha=36.87^\circ, \beta=34.99^\circ \quad .11$$

$$.12$$

1. פרק את ווקטורים לרכיבים במערכת צירים נתונה . צייר ורשום אותם. שם לב מהם סימנים של רכיבים ומהי הזווית בין ציר ה-x לבין הווקטור הנתון.

$$F_x = 20.35N$$

$$F_y = 12.72N$$

$$F_x = 4.23 N$$

$$F_y = -7.95N$$

$$F_x = 39.02N$$

$$F_y = 48.18N$$

$$F_x = -34.31N$$

$$F_y = 13.86 N$$

א

ב

ג

ד

ג

ד

$$\begin{matrix} x \\ y \\ \mathbf{F} = 9 \text{ N} \\ 62^0 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} x \\ \mathbf{F} = 62 \text{ N} \\ 51^0 \end{matrix}$$

א
ב

$$\begin{matrix} y \\ x \\ \mathbf{F} = 24 \text{ N} \\ 32^0 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} y \\ x \\ \mathbf{F} = 37 \text{ N} \\ 22^0 \end{matrix}$$

2. פרק את ווקטורים לרכיבים. מצא מהו גודל וכיוון של ווקטור השקול

ב
א

$$\mathbf{F} = 30 \text{ N}$$

$$\begin{matrix} \mathbf{F} = 20 \text{ N} \\ y \end{matrix}$$

y

60^0

x

42^0

x

71^0

$N = 20\text{ N}$
 18^0

$T = 9\text{ N}$

$F = 20\text{ N}$
y

$F = 12\text{ N}$
y

T
 λ

50^0

$T = 10\text{ N}$

x

40^0

32^0

x

$N = 10\text{ N}$

$W = 5\text{ N}$
 $W = 6\text{ N}$
 38^0

ד
ב
א
ג

$$R = 12.87 \text{ N}$$

$$\varphi = 157.79^{\circ}$$

$$R = 21.48 \text{ N}$$

$$\varphi = 180.06^{\circ}$$

$$R = 7.24 \text{ N}$$

$$\varphi = 159.64^{\circ}$$

$$R = 32.41 \text{ N}$$

$$\varphi = 187.13^{\circ}$$

3. פרק את ווקטורים לרכיבים. מצא מהו גודל וכיוון של ווקטור השקול

$$\mathbf{F} = 4 \text{ N}$$

x

y

$$\mathbf{T} = 5 \text{ N}$$

$$32^{\circ}$$

$$\mathbf{N} = 10 \text{ N}$$

$$51^{\circ}$$

$$62^{\circ}$$

x

y

$$37^{\circ}$$

$$\mathbf{N} = 24 \text{ N}$$

$$\mathbf{T} = 34 \text{ N}$$

$$\mathbf{F} = 44 \text{ N}$$

א
ב

$$\mathbf{W} = 20 \text{ N}$$

$$\begin{matrix} 72^0 \\ x \\ y \end{matrix}$$

$$\mathbf{W} = 9 \text{ N}$$

$$\mathbf{F} = 14 \text{ N}$$

$$\mathbf{N} = 10 \text{ N}$$

$$\begin{matrix} 61^0 \\ 42^0 \end{matrix}$$

$$\mathbf{T} = 15 \text{ N}$$

$$\mathbf{F}_1 = 24 \text{ N}$$

$$\begin{matrix} x \\ y \end{matrix}$$

$$\mathbf{F}_2 = 15 \text{ N}$$

$$\mathbf{T} = 9 \text{ N}$$

$$32^0$$

$$\mathbf{G} = 6 \text{ N}$$

$$68^0$$

$$51^0$$

$$30^0$$

$$\begin{matrix} \mathbf{T} \\ \mathbf{\lambda} \end{matrix}$$

ד
ג
ב
א

$$R = 14.05 \text{ N}$$

$$\varphi = -56.47^\circ$$

$$R = 6.35 \text{ N}$$

$$\varphi = 201.35^\circ$$

$$R = 45.60 \text{ N}$$

$$\varphi = 8.17^\circ$$

$$R = 8.74 \text{ N}$$

$$\varphi = 22.11^\circ$$

$$N = 20 \text{ N}$$

x
y
F

38°
α

$$W = 15 \text{ N}$$

4. כוח השקול של כוחות הפועלים
על הגוף שווה לאפס.
מהו גודל וכיוון של כוח F ?

α

$$F = 7.24 \text{ N} \\ = 159.64^\circ$$

x

y

T

$$F = 20 \text{ N} \\ 42^\circ \\ \alpha$$

$$W = 9 \text{ N}$$

5. כוח השקול של כוחות הפועלים
על הגוף שווה לאפס.

מהו גודל וכיוון של כוח T?

$$T = 15.49 \text{ N} \\ = 16.42^\circ$$

α

y

x

T

$$F_1 = 14 \text{ N} \\ 32^\circ \\ N = 10 \text{ N} \\ 62^\circ \\ F_2 = 11 \text{ N}$$

α

6. כוח השקול של כוחות הפועלים
על הגוף שווה לאפס.

מהו גודל וכיוון של כוח T?

$$T = 19.03 \text{ N} \\ = 38.58^\circ$$

α

x

y

$$F = 15 \text{ N}$$

$$\begin{array}{c}
 \mathbf{T} \\
 \mathbf{F}_1 = 24 \text{ N} \\
 32^\circ \\
 \mathbf{N} = 16 \text{ N} \\
 55^\circ \\
 60^\circ
 \end{array}$$

7. כוח השקול של כוחות הפועלים
על הגוף שווה לאפס.

מהו גודל וכיוון של כוח T?

$$\begin{array}{c}
 T = 16.40 \text{ N} \\
 \alpha \quad 151.37^\circ =
 \end{array}$$

$$\begin{array}{c}
 y \\
 x \\
 \mathbf{F} = 24 \text{ N} \\
 52^\circ \\
 65^\circ \\
 z
 \end{array}$$

8. מהם הרכיבים של כוח F?

$$\begin{array}{l}
 F_x = 6.24 \text{ N} \\
 F_y = 13.39 \text{ N} \\
 F_z = 18.91 \text{ N}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{c}
 y \\
 x \\
 \mathbf{F} = 20 \text{ N}
 \end{array}$$

22°
 55°
 z

9. מהם הרכיבים של כוח F ?

$$\begin{aligned}
 F_x &= 4.30\text{N} \\
 F_y &= 6.14\text{N} \\
 F_z &= 18.54\text{N}
 \end{aligned}$$

z
 y
 x

$$\begin{aligned}
 \mathbf{F} &= 20\text{ N} \\
 &52^\circ \\
 &55^\circ \\
 &22^\circ \\
 &60^\circ
 \end{aligned}$$

$$N = 37\text{ N}$$

10. מהם הרכיבים של כוחות ?

$$\begin{aligned}
 F_x &= 7.06\text{N} & N_x &= 17.15\text{N} \\
 F_y &= 10.08\text{N} & N_y &= 7.04\text{N} \\
 F_z &= 15.76\text{N} & N_z &= 32.04\text{N}
 \end{aligned}$$

$$\mathbf{F}_2 = 40\text{ N}$$

y
x
z

$$F_3 = 14 \text{ N}$$

$$F_1 = 24 \text{ N}$$

11. מהו גודל וכיוון של ווקטור
השקול במערכת צירים נתונה?

$$F = 48.70 \text{ N}$$

$$= 59.04^\circ$$

$$= 16.71^\circ$$

α
 β

z

$$F_2 = 30 \text{ N}$$

y

x

$$F_3 = 25 \text{ N}$$

$$F_1 = 20 \text{ N}$$

$$35^\circ$$

12. מהו גודל וכיוון של ווקטור השקול?
ווקטור F_1 נמצא במישור האופקי.

$$F = 51.12 \text{ N}$$

$$= 68.48^\circ$$

$$= 29.28^\circ$$

α
 β

z

$$F_2 = 30 \text{ N}$$

y

x

$$F_3 = 15 \text{ N}$$

$$F_1 = 26 \text{ N}$$

$$65^\circ$$

$$55^\circ$$

13. מצא מהו גודל וכיוון של ווקטור השקול.
 ווקטורים F_1 ו- F_2 נמצא במישור האופקי.
 ווקטור F_3 נמצא במישור yOz .

α
 β

$$F = 65.31 \text{ N}$$

$$= 79.97^\circ$$

$$= 10.85^\circ$$

y
 x

$$F = 30 \text{ N}$$

$$52^\circ$$

$$55^\circ$$

$$22^\circ$$

$$60^\circ$$

$$N = 40 \text{ N}$$

$$T = 20 \text{ N}$$

$$z$$

14. מהו גודל וכיוון של ווקטור השקול?

α
 β

$$F = 79.51 \text{ N}$$

$$= 24.72^\circ$$

$$= 47.14^\circ$$